

УДК 549.11+611.466.1

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ И  
УРОЛОГИЯ: ОБЛАСТИ СОВМЕСТНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.К. Полиенко, О.А. Севостьянова

Томский политехнический университет

E-mail: polienkoa@yandex.ru

**Полиенко Александр Константинович**, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры общей геологии и землеустройства Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: polienkoa@yandex.ru

Область научных интересов: минералогия, кристаллография, биологическая минералогия, геоэкология.

**Севостьянова Ольга Александровна**, канд. геол.-минерал. наук, ассистент кафедры общей геологии и землеустройства Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: polienkoa@yandex.ru

Область научных интересов: минералогия, биологическая минералогия, геоэкология.

Показана роль биологической минералогии (биоминералогии) и её место среди других наук. Представлено многообразие минеральных образований, образующихся в различных органах и системах человека. Рассмотрены методы, применяемые при изучении объектов биоминералогии. В результате определены области совместной научной деятельности биоминералогии и урологии.

**Ключевые слова:**

Биоминералогия, урология, уролитиаз.

**Введение**

В последние годы активное развитие получила биологическая минералогия (биоминералогия) – одно из направлений генетической минералогии. Среди объектов изучения этой науки важное место занимают органоминеральные агрегаты (ОМА).

Минеральные продукты живой природы имеют большое значение в жизни человека. До самого последнего времени они не привлекали внимание широкого круга исследователей и в минералогическом отношении изучены недостаточно.

Между тем минералогия оказывает неоценимую помощь в выяснении природы неорганического (минерального) и органического мира. Минерал в современном понимании является не только физическим телом, химическим соединением с плотной упаковкой закономерно расположенных атомов, но и сложной системой, тесно связанной с окружающей средой. Минералогия располагает необходимым теоретическим аппаратом, современными методами и новейшим оборудованием, позволяющим изучить строение, состав и природу как обычных минералов, так и биоминеральных объектов.

**Биологическая минералогия**

Зарождение, рост и изменение биогенных кристаллов происходит в живом организме. Отсюда вытекает насущная необходимость тщательного изучения этих кристаллов и процессов, их порождающих, силами современной минералогической, медицинской и биологической наук. Между тем отсутствие должных контактов между специалистами минералогического, медицинского и биологического профилей не позволяет полно проинтерпретировать полученные данные, дать им оценку и наметить пути дальнейшего исследования.

Биоминералогия находится на стыке целого ряда наук, прежде всего медицины (остеологии, урологии, стоматологии, отоларингологии и т. д.), зоологии, ботаники, биохимии, эволюционной физиологии, минералогии, органической минералогии, палеонтологии, геологии месторождений полезных ископаемых и др.

В зависимости от условий образования все ОМА подразделяются на три типа: ортобиогенные, метабиогенные и тафобиогенные.

**Ортобиогенные** ОМА характеризуются тем, что они образуются непосредственно в живом организме – в животных, человеке, растениях, бактериях. К этим агрегатам относятся кости и зубы человека и животных; различные отложения солей на стенках сосудов, в лёгких и опухолях; отолиты, продукты внескелетного костеобразования, камни мочевой системы, желчные камни, раковины моллюсков, жемчуг и т. д.

Ортобиогенные ОМА возникают во всех живых организмах, а также во многих растениях. В растениях они формируются в клетке или вне её как продукт процесса фотосинтеза либо в застойных участках сосудистой системы, где замедляется скорость тока древесных соков и возможно накопление минералообразующих элементов. Состав последних в большой степени зависит от состава почвенных вод, физиологических особенностей самих растений, возможных резких изменений погоды и т. д. В настоящее время в растениях обнаружено довольно большое число минералов; встречаясь совместно с органическими веществами, они образуют ОМА, которые рекомендовано обозначать как **фитолиты**.

Ортобиогенные ОМА, возникающие в животных и человеке и называемые **зоолитами**, по месту их в истории жизни организма могут быть подразделены на две большие группы [1. С. 17] – **физиогенные** и **патогенные** (рисунок). Зоолиты создаются представителями самых различных таксонов, что накладывает отпечаток на их состав и строение. При этом устанавливается эволюционный ряд минеральной (вероятно, и органической) составляющей от более примитивных классов животных к более совершенным.

**Физиогенные** ОМА являются закономерными продуктами живых клеток, они генетически обусловлены, и пространственное их место в организме строго определено всей эволюционной историей таксона. К физиогенным ОМА относятся кости и зубы человека и животных, скорлупа яиц, отолиты, раковины и некоторые другие. Функции, которые несут физиогенные ОМА, самые различные: это и опорная, и защитная, и реакция на условия земной силы тяжести и некоторые другие. Чрезвычайно важной является и роль кальциевого «депо», которую выполняет скелет организма, в случае необходимости поставляющий кальций в кровь. В меньшей степени эту функцию реализуют и зубы. В целом можно отметить, что физиогенные ОМА характеризуются устойчивым химическим и минеральным составом, изменяющимся в соответствии с состоянием организма.

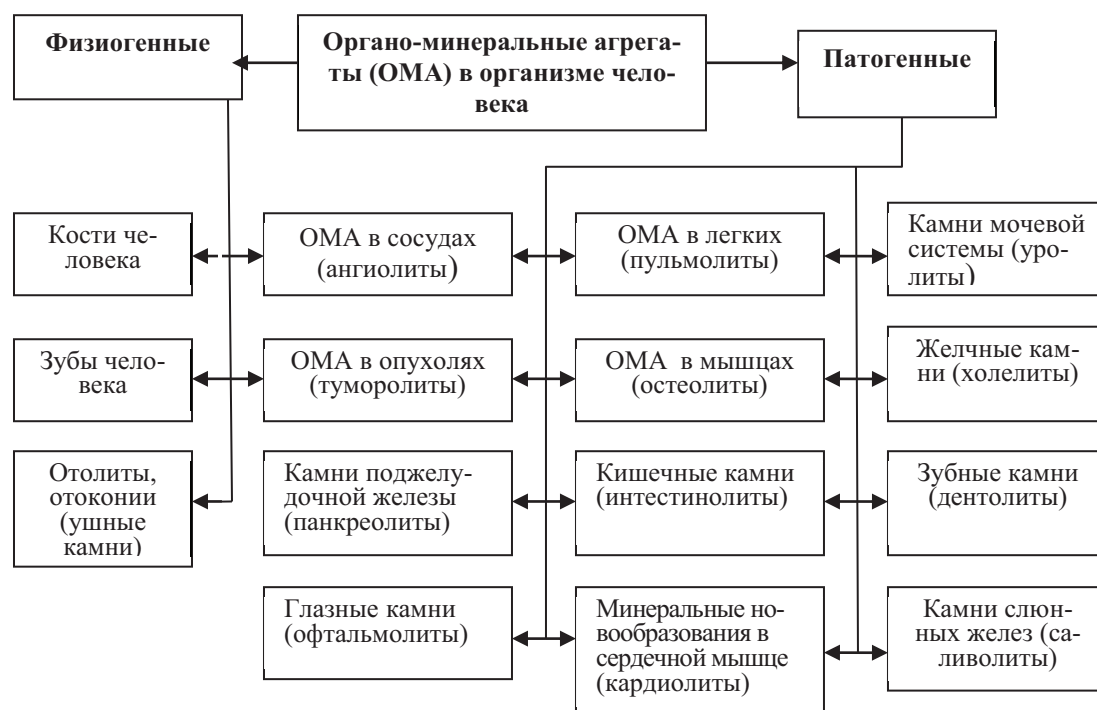
**Патогенные** ОМА, в отличие от физиогенных, генетически не предопределены и являются «болезнями» организма. К ним относятся камни мочевой системы, желчного пузыря и поджелудочной железы, зубные и слюнные камни, жемчуг, минеральные отложения на стенках сосудов, продукты внескелетного костеобразования и некоторые другие. Характеризуя в целом состав этих агрегатов, можно отметить, что он колеблется в значительных пределах. Причины появления патогенных ОМА нередко связаны с «дурной» наследственностью, когда человек или животное с рождения несут в себе возможность их возникновения.

Занимая разное место в онтогенезе животного (человека), физиогенные и патогенные ОМА имеют как общие особенности, так и серьезные различия. Многие патогенные ОМА представляют собой противоположности (антиподы) физиогенных: например, зубные камни и зубы, продукты внескелетного костеобразования и кости, жемчуг и раковина моллюсков. Последняя пара является особенно ярким примером отмеченной противоположности, указывая на различие этих ОМА в онтогенезе животного.

В зарубежной литературе достаточно широко используются термины «патологическая биоминерализация», «ненормальная минерализация». Эти обозначения применяются для отличия от «нормальной минерализации», под которой понимаются процессы, приводящие к формированию генетически предопределенных твердых тканей.

В классификации ОМА биогенного происхождения подробно подразделены только ортобиогенные агрегаты.

Таким образом, объектами биоминералогии являются специфические агрегаты, состоящие из минерального и органического веществ и созданные живыми организмами или при их участии.



**Рисунок.** Органоминеральные агрегаты (ОМА) в органах и системах человека. Составлен А.К. Полиенко с использованием данных А.А. Кораго [1]

Значительный объем исследований в области биологической минералогии проведен в последнее время А.А. Кораго [1] и С.Н. Голубевым [2]. За рубежом такие исследования интенсивно ведутся в Японии, а также в Швеции, Бельгии, Швейцарии, США, ФРГ и в других странах. Актуальными остаются вопросы урологии, биологии и минералогии.

Биоминералогия изучает строение, состав, условия образования и изменения объектов, возникающих в живых организмах, находящихся на стыке биологии и минералогии. К ним относятся продукты деятельности живых клеток, кости и зубы человека и животных, раковины моллюсков, жемчуг, скелет кораллов, скорлупа птичьих яиц, отолиты и другие продукты живой природы. Биологическая минералогия, как генетическая наука, исходит из того, что неживое, возникшее из живого, является его частью, и они тесно связаны. Существование в природе форм, в которых соединены свойства живого и неживого (например, вирусов), наглядно подтверждает пример внутреннего единства неорганического и органического мира.

Главным объектом исследований биоминералогии является органо-минеральный агрегат, состоящий из минеральных и органических индивидов, имеющих определенные форму, размер, строение, свойства и состав. В структуре многих индивидов имеются специфические внутренние элементы. От их упорядоченного сочетания во многом зависят свойства всего агрегата.

Возникновение и рост этих агрегатов объясняется не только законами физики и химии, как это имеет место в минералогии. Здесь выступает ещё один важный фактор – биохимические законы развития живой клетки, но он пока не нашел четкого выражения в качестве регулятора процесса минералообразования. Однако необходимо констатировать, что кристаллохимические закономерности растущих минеральных индивидов подчиняются генетическому контролю со стороны биохимических законов. В этом проявляется тесная взаимосвязь живой и неживой материи, о чем говорится в работе Б.И. Сребродольского [3].

Термин «биоминералогия» в отечественной литературе появился в 1976 г. в работе А.А. Кораго [1], в которой были сформулированы основные особенности объектов исследования этой науки. В 1988 г. Н.П. Юшкин предложил проблемы «изучения как конструктивных, так и патологических минералов и минералообразующих процессов в организме человека, выявление с точки зрения медицины свойств минералов и минералогическую экологию» [4. С. 28] объединить в область исследований медицинской минералогии.

Определенные результаты исследований в области биоминералогии имеются в ряде опубликованных работ [5–13].

В работе А.А. Кораго [1] достаточно подробно освещаются взгляды различных исследователей на место биоминералогии среди других наук, и делается вполне обоснованный вывод о том, что все возникающие в организмах неорганические или органические фазы кристаллического строения следует относить к минералам, и отделять их от абиогенных минералов нельзя.

Большое значение биологическая минералогия придает изучению патогенных ОМА, приводящих к заболеваниям, в частности, к уролитиазу или мочекаменной болезни (МКБ). Природа этих образований пока еще недостаточно изучена, особенно мочевых камней (уролитов), морфогенетические особенности которых могут помочь выявить целый ряд генетических аспектов изучаемых ОМА.

Решение поставленных проблем позволит глубже исследовать минеральный уровень органической материи, характерной особенностью которой является кристаллическое строение. В сравнении с процессами минералообразования вне живой материи эти исследования позволяют расшифровать механизм образования ОМА.

### Урология и уролитиаз

Мочекаменная болезнь занимает 3-е место по распространенности среди урологических заболеваний, уступая по частоте только инфекциям мочевых путей и патологии предстательной железы. МКБ встречается у детей, у взрослых, наиболее часто поражая людей в самый активный период их жизни, а также у лиц пожилого возраста. В связи с широкой распространенностью и особенностями развития МКБ остается одной из актуальных проблем современной медицины, тем более что за последние десятилетия отмечена тенденция к увеличению частоты этого заболевания, связанная с ростом влияния ряда неблагоприятных факторов окружающей среды на организм.

Ухудшение экологической обстановки в крупных промышленных мегаполисах приводит к постоянному росту заболеваний, связанных с патогенным камнеобразованием в организме человека, что обуславливает необходимость разработки новых методов лечения и профилактики этих болезней. В связи с этим за последние 10–15 лет интерес к изучению патогенных биоминералов и условий их образования существенно возрос.

Уролиты в разных частях мочевой системы весьма близки по своему составу. Наиболее значительные отличия отмечаются только для камней предстательной железы, в которой их образование связано с хроническими воспалительными процессами [14]. Распространению МКБ способствуют условия современной жизни: гиподинамия, ведущая к нарушению фосфорно-кальциевого обмена, характер питания (обилие белка в пище), что позволило назвать это заболевание «болезнью цивилизации». К возникновению данного недуга предрасполагают также такие факторы, как возраст, пол, раса, климатические, географические и жилищные условия, профессия и наследуемые генетические особенности. Причинами образования камней могут быть и факторы местного характера: инфекция мочевых путей, анатомические и патологические изменения в верхних мочевых путях, приводящие к затруднению нормального оттока мочи из почек, обменные и сосудистые нарушения в организме и почке.

Единой концепции МКБ в настоящее время не существует, она является многофакторным заболеванием, и развитие ее связано с рядом сложных физико-химических процессов, происходящих как в организме в целом, так и на уровне мочевыводящей системы.

В настоящее время всемирно признана минералогическая классификация уролитов. Примерно 70...80 % уролитов являются неорганическими соединениями кальция – оксалаты, фосфаты, карбонаты. Уролиты, содержащие соли магния, встречаются в 5...10 % случаев, они часто сочетаются с мочевой инфекцией. Уролиты, являющиеся производными мочевой кислоты, составляют до 15 % всех мочевых камней, причем с возрастом они встречаются все чаще. Наиболее редки белковые уролиты, их обнаруживают в 0,4...0,6 % случаев (цистиновые, ксантиновые и др.), они свидетельствуют о нарушении обмена соответствующих аминокислот в организме больных.

Чтобы продвинуться в направлении понимания закономерностей патогенного минералообразования в организме человека, необходимо более детально изучать вещество органо-минеральных агрегатов (почечных, желчных, слюнных, зубных и других камней) с привлечением широкого круга современных инструментальных методов, активно привлекать методы теоретического и экспериментального моделирования.

Частота встречаемости и распространенность по составу минеральных фаз уролитов распределена неравномерно по разным территориям на планете. Здесь играют роль и специфика местных условий (жесткость воды, климат и пр.), и род занятий человека, тип питания, экологическая обстановка в данном регионе. Поэтому исследования, проводимые различными группами ученых, не являются простым тиражированием сведений о природе тех или иных твердых образований в организме человека. Накопление аналитического материала и его обобщение с учетом местных условий и состояния окружающей среды способствуют выполнению важной социальной задачи предупреждения и эффективного лечения соответствующих заболеваний.

Знание структуры и состава уролита играет немаловажную роль при выборе методов лечения и профилактики мочекаменной болезни.

### Выводы

1. Биологическая минералогия располагает необходимым теоретическим аппаратом, современными методами и новейшим оборудованием, вполне достаточным для исследования как обычных минералов, так и минеральных объектов живой природы, в том числе и органо-минеральных агрегатов, формирующихся в организме человека.
2. Перед наукой урологией, занимающейся профилактикой и лечением мочекаменной болезни, стоят задачи по снижению уровня заболевания МКБ. В вопросах лечения неопределимую помощь урологам может оказать информация о составе, структуре и природе уролитов, получаемая специалистами-минералогами.
3. Биоминералогия и урология имеют достаточно обширную область соприкосновения. Врачу-урологу для назначения обоснованного лечения и предупреждения рецидивного камнеобразования крайне необходимо знать минеральный состав и структуру уролита, удаленного у пациента. Эту задачу на высоком профессиональном уровне способны решить минералогии и кристаллографы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кораго А.А. Введение в биоминералогия. – СПб.: Недра, 1992. – 280 с.
2. Голубев С.Н. Биоминерализация и предбиологическая эволюция // Актуальные вопросы современной палеонтологии. – Киев: Наукова думка, 1986. – С. 15–17.
3. Сребродольский Б.И. Биологическая минералогия. – Киев: Наукова думка, 1983. – 102 с.
4. Юшкин Н.П. Биоминеральные взаимодействия. От биоминералогии к витаминералогии // Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия: Материалы II междунар. семинара. – Сыктывкар, 1996. – С. 7.
5. Барсков И.С. Биоминерализация и эволюция. Козволюция минерального и биологического миров // Происхождение и эволюция биосферы: Материалы Междунар. рабочего совещания. – Новосибирск, 2005. – С. 71–72.
6. Жабин А.Г. Новые данные в области биоминералогии // Записки ВМО. – 1983. – Вып. 8. – С. 243–248.
7. Зузук Ф.В., Павлишин В.И. Ювеллит в геологических и биологических объектах // Органическая минералогия: Материалы I Российского совещания по органической минералогии. – СПб., 2002. – С. 11–13.
8. Каткова В.И. Мочевые камни: минералогия и генезис. – Сыктывкар: Изд. Коми НЦ УрО РАН, 1996. – 87 с.
9. Полиенко А.К., Шубин Г.В., Ермолаев В.А. Онтогенез уролитов. – Томск: РИО «Пресс-Интеграл» ЦПК ЖК, 1997. – 128 с.



10. Полиенко А.К., Бощенко В.С., Севостьянова О.А. Взаимосвязь органических и неорганических веществ при формировании мочевых камней // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 52–58.
11. Полиенко А.К., Севостьянова О.А. Развитие научных исследований по биоминералогии и урологии в Томском политехническом университете // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 206–211.
12. Козловский Ю.Г. О минералогической классификации мочевых камней // Урология и нефрология. – 1973. – № 2. – С. 24–26.
13. Колпаков И.С., Глики Н.В. Морфология и генез мочевых камней по данным поляризационно-оптического исследования // Урология и нефрология. – 1965. – № 5. – С. 15–22.
14. Тиктинский О.Л. Уролитиаз. – Л.: Медицина, 1980. – 192 с.

Поступила 04.07.2012 г.